

II ENTRE O.R.S.T.O.M. de NOUMEA

Section Géologie

-:-:-

RAPPORT DE MISSION EN NOUVELLE-ZELANDE

ET EN AUSTRALIE

Juillet 1970

J.H. GUILLON
J.J. TRESCASES

INTRODUCTION - CALENDRIER DE LA MISSION

Après cinq ans d'étude des massifs ultrabasiques de Nouvelle-Calédonie et de leur altération météorique, il nous est apparu nécessaire d'étendre notre champ d'observation. La comparaison de l'appareil néo-calédonien avec les autres massifs ultramafiques du Sud-Ouest Pacifique, qu'il s'agisse de celui des Nouvelles-Hébrides (mission Juin-Juillet 1966), ou de ceux de Nouvelle-Zélande, nous permet en-effet de mieux comprendre les problèmes posés par la mise en place de ces roches et leurs stades d'évolution ultérieure.

Nous avons ainsi observé, d'une part la zone gabbroïque et ultrabasique de North Cape, située à l'extrémité septentrionale de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande (zone latéritisée), d'autre part les massifs péridotitiques de Dun Mountain et de Red Hill, dans l'île Sud, en zone climatique tempérée, de type océanique.

Ce déplacement a également été mis à profit pour visiter les principaux laboratoires de Sciences de la Terre de cette région Sud-Ouest Pacifique, et prendre contact avec les équipes scientifiques qui y travaillent : départements de géologie des Universités d'Auckland et de Wellington, en Nouvelle-Zélande, de Sydney et de Canberra, en Australie, Geological Survey à Wellington, CSIRO, bureau of Mineral Ressources et Research School of Physical Sciences à Canberra.

Le Calendrier de notre mission s'est ainsi établi :

Samedi 21 Février 1970

Voyage Nouméa-Auckland

Dimanche 22 au Mardi 24 Février

Tournée géologique à North Cape (cf. Chapitre I)

Mercredi 25 Février

Visite du Département de géologie de l'Université d'Auckland
(cf. chap III)

Jeudi 26 Février

Voyage Auckland - Wellington

Vendredi 27 Février

Visite du Département de Géologie de l'Université Victoria, à Wellington, et du Geological Survey, à Lower Hutt (cf. chapitre III).

Samedi 28 Février au Mardi 3 Mars

Tournée géologique à Dun Mountain et Red Hill (cf. Chapitre II).

Mercredi 4 Mars

Voyage Wellington - Sydney - Canberra

../..

Jeudi 5 au Samedi 7 Mars

Visite du Département de Géologie de l'Australian National University, du Bureau of Mineral Ressources, du C.S.I.R.O et de la Research School of Physical Sciences (Géochimie), à Canberra. (cf. Chapitre III)

Dimanche 8 Mars

Voyage Canberra - Sydney

Lundi 9 au Mardi 10 Mars

Visite des Départements de Géologie de l'Université de Nouvelles-Galles du Sud et de l'Université de Sydney. (cf. Chapitre III)

Mercredi 11 Mars

Retour Sydney - Nouméa.

../..

I - LE MASSIF ULTRAMAFIQUE DE NORTH CAPE.

A - PETROLOGIE :

Ce massif, est situé à l'extrémité septentrionale de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande. Cette province (cf. figure 1) est formée en majeure partie de grauweekes d'âge compris entre le Permien et le Crétacé ainsi que de roches volcaniques : Keratophyres (Mt Camel Série), spilites et basaltes (Tangihua et Whangakea volcanics) probablement d'âge crétacé inférieur. La mise en place des ultramafites s'est produite soit au Crétacé supérieur soit au cours des temps éocènes et l'on retrouve en d'autres points de l'île Nord (région d'Auckland notamment) des passées serpentineuses dans les shales éocènes.

Il y a peu à dire sur l'appareil de North Cape car les observations ne peuvent être que fragmentaires et parceque les relations entre les différentes roches qui le constituent sont incertaines.

A North Cape les péridotites et les gabbros forment un petit massif, de 8 Km² de superficie, allongé selon un axe ONO/ESE. Ces roches sont en contact au SO avec des basaltes (Fig. 2) d'âge crétacé ; ce contact a été tectonisé : une faille de direction NO/SE et plongeant vers le SO de 50° sépare les ultramafites des basaltes. Une bande de serpentines d'une quinzaine de mètres de largeur jalonne dans le massif ce contact.

Les roches associées Le massif de North Cape est formé de trois types de roches : péridotites, gabbros et diorites à hornblende. Signalons à ce propos qu'il n'existe pas de données pétrologiques plus récentes que celles publiées par BARTRUM et TURNER (1928).

Les péridotites affleurent principalement à l'extrémité NO (Kerr point) du massif. Il s'agit essentiellement de harzburgites (tabl n° 1 An. NC.1) avec quelques intercalations de dumites et de pyroxenolites ; le litage est cependant très peu développé. La harzburgite à enstatite ou bronzite constitue le faciès prédominant. Il existe cependant une faible proportion de péridotites à clinopyroxène (Wehrlites, Lherzolites et Websterites) et parfois à plagioclase : ces roches sont localisées préférentiellement à la périphérie de la zone gabbroïque mais leurs relations avec les péridotites d'une part et avec les gabbros d'autre part ne sont pas connues.

Le contact entre les péridotites et les gabbros n'est pas exposé ; le fait signalé ci-dessus peut nous conduire à penser qu'une partie des péridotites et les gabbros sont contemporains. Dans cette hypothèse les péridotites à plagioclase et clinopyroxène pourraient assurer le passage entre ces termes. Comme nous le verrons plus loin des filonnets de gabbros anorthositiques sont intrusifs

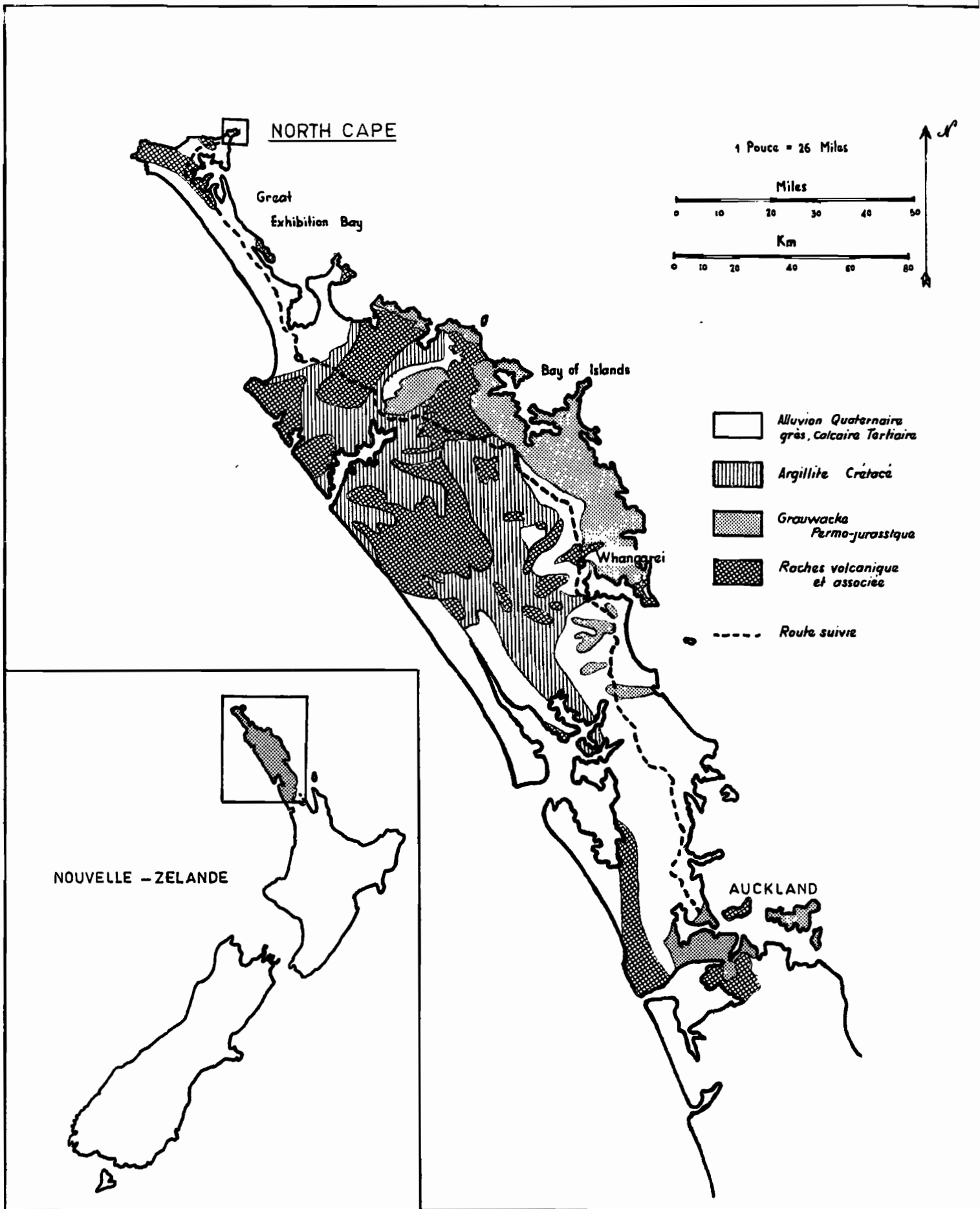


Figure 1

North Cape Carte de Situation

dans les péridotites mais ce seul fait ne peut laisser présager du caractère intrusif de l'ensemble des gabbros.

Des gabbros noritiques et des anorthosites forment l'extrémité Sud-Est du massif, (photo n° 1). Ces roches sont généralement litées (photo n° 2) et nous avons noté de fréquentes et rapides inversions de pendage. Le litage, de direction générale ESE/ONO, s'infléchit plus au Nord pour épouser le tracé du contact péridotites-gabbros.

Les anorthosites forment aussi des filonnets recoupant en tous sens les harzburgites. Il en existe par endroits des réseaux très denses, principalement à la périphérie de la zone gabbroïque.

Les roches gabbroïques sont formées en proportions très variables d'un plagioclase calcique (bytownite), d'hypersthène et d'augite généralement ouralitisés.

Des filonnets et dykes de diorites quartziques à hornblende intrudent à la fois les péridotites et les gabbros (photos n° 3 et 4). Comme en Nouvelle-Calédonie les diorites représentent donc une phase intrusive postérieure à la mise en place des ultramafites.

Bien que les relations entre les différentes roches soient difficiles à observer on note plusieurs analogies entre les massifs néo-calédoniens, celui des Nouvelles-Hébrides et ceux de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande. Ainsi se retrouve tout au long de l'arc mélanésien auquel appartient aussi l'extrémité septentrionale de la Nouvelle-Zélande un même schéma anatomique des appareils ultramafiques.

B - ALTERATION

La latitude relativement basse de ce massif (34°S), et sa position quasi-insulaire explique le climat tempéré chaud de la région.

La zone gabbroïque et ultrabasique de North Cape a été pénéplanée postérieurement à l'Oligocène (dépôt de la formation gréseuse et fossilifère de Tom Bowling), et les reliques de cette surface dominant actuellement les alluvions et dunes récentes. Ces faits suggèrent un âge fini-tertiaire pour la pénéplanation, (cf. Fig. 2).

Enfin la totalité de cette presqu'île est couverte d'une lande à genêts et ajoncs.

../..








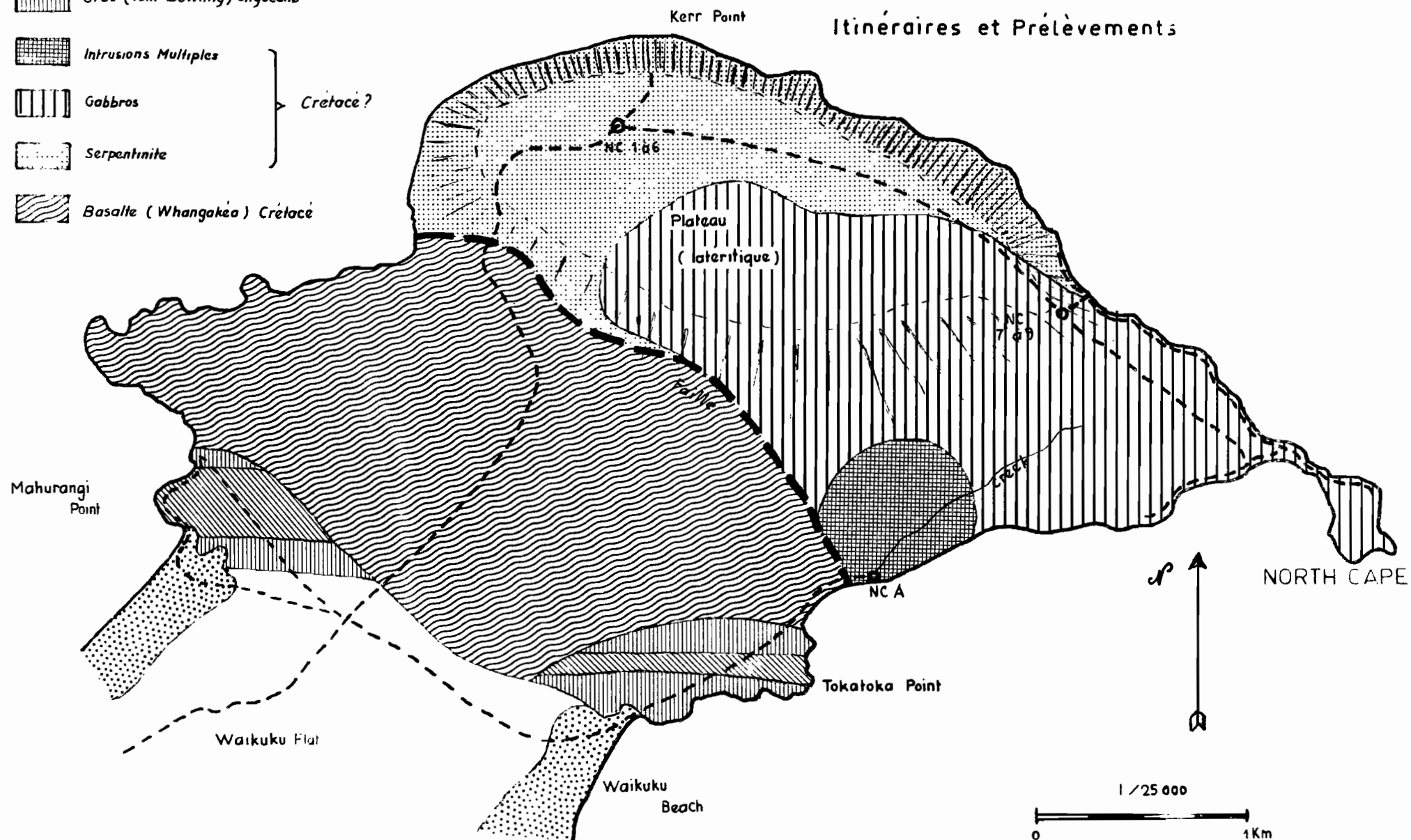
-  *Deposits récents - Dunes*
 -  *Diorites (Tawakewake) Miocène*
 -  *Gres (Tom Bowling) oligocène*
 -  *Intrusions Multiples*
 -  *Gabbros*
 -  *Serpentinite*
 -  *Basalte (Whangakea) Crétacé*
- } *Crétacé?*

Fig. 2

North Cape

Détail Géologique
(d'après E.C. LEITH 1966)

Itinéraires et Prélèvements



1° - PERIDOTITES

a) Altération actuelle : Nous avons étudié l'altération des péridotites sur le front de taille d'une carrière de serpentinite (la serpentinite broyée est utilisée pour augmenter la teneur en magnésium de certain sols).

La serpentinite est transformée, sans destruction de la structure de la roche, en une masse argileuse brun-jaune à noir-verdâtre, selon l'état d'hydratation, plastique, et présentant des fentes de retrait. Cet horizon saprolitique à une épaisseur variant de 100 à 150 cm, et ressemble aux horizons d'altération des serpentinites de Nouvelle-Calédonie, (TRESCASES, 1969 a).

Le tableau I montre l'évolution chimique de l'altération :(page 6)

NC 1 serpentinite noire, dure, saine

NC 2 serpentinite brun-jaune, très friable, en voie d'altération

NC 3 serpentinite totalement transformée en argile brun-verdâtre

Les mesures de densités apparentes donnent :

NC 1 $D_a = 2,60$

NC 3 $D_a = 0,68$

Soit, en appliquant le raisonnement isovolumétrique, le bilan de l'altération actuelle : (tableau II) (en % de l'élément présent dans la roche-mère) :

| | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Cr ₂ O ₃ | MnO ₂ | NiO |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|--------------------------------|------------------|-------|
| Saprolite NC 3 | - 73 | - 29 | + 340 | - 86 | - 93 | + 150 | - 37 | 0 |
| Roche NC 1 | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) |

../..

TABLEAU I

North Cape - Analyse chimique du profil d'altération des péridotites

| | PF | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ total | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Cr ₂ O ₃ | MnO ₂ | NiO | CoO | TiO ₂ | Σ |
|------------------------------|-------|------------------|---|--------------------------------|------|-------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|--------|
| NC 4 (latérite) | 11,26 | 4,60 | 69,13 | 9,73 | 0 | 0,64 | 2,28 | 0,32 | 0,19 | 0,06 | 0,17 | 98,38 |
| NC 3 (saprolite) | 15,03 | 42,70 | 19,14 | 10,47 | 0,14 | 10,80 | 0,37 | 0,55 | 0,79 | 0,06 | 0,15 | 100,20 |
| NC 2 (Roche al- térée) | 7,39 | 48,94 | 8,94 | 3,78 | 2,01 | 26,87 | 0,12 | 0,10 | 0,06 | Tr | Tr | 98,21 |
| NC 1 (Roche) | 12,75 | 40,80 | 7,01 | 0,62 | 0,28 | 38,00 | 0,04 | 0,25 | 0,24 | Tr | 0 | 99,99 |

TABLEAU III

North Cape - Analyse chimique du profil d'altération des gabbros

| | PF | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | MnO ₂ | TiO ₂ | Σ |
|-----------------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|------------------|-------|
| NC 8 Cuirasse | 10,91 | 1,09 | 68,43 | 17,16 | 0 | 0,56 | 0,32 | 0,32 | 98,79 |
| NC 9 Sol jaune | 22,95 | 43,22 | 16,05 | 13,28 | 0 | 1,79 | Tr | 0,87 | 98,16 |
| NC 7 Roche altérée | 3,57 | 49,64 | 14,48 | 4,74 | 3,58 | 22,06 | 0,15 | 0,17 | 98,39 |

../..

L'étude minéralogique tentée sur ces matériaux est restée sommaire : seule l'analyse thermique différentielle a été essayée, sur la serpentinite initiale NC 1 et sur la saprolite NC 3. Les courbes sont données dans la figure 3.

Le matériau initial n'est composé que d'antigorite, la réaction exothermique est aigüe à 885°, la réaction endothermique dédoublée à 720° et 760°.

L'horizon saprolitique est très différent puisque constitué essentiellement de smectite (le bilan isovolumétrique montre d'ailleurs que le départ de silice est plus lent que celui des cations basiques) : il s'agit vraisemblablement (cf. TRAUTH et LUCAS, 1967) de beidellite ferrifère, d'après le tracé des accidents endo - exothermiques à 873 - 910°, et la température relativement basse (623°) du deuxième pic endothermique. Outre des traces de goethite (pic à 316°) l'horizon renferme peut-être aussi un peu de chlorite ferrifère (pic endothermique à 485°).

b) latérite

La pénéplaine est recouverte d'un niveau latéritique rouge, épais de 50 cm à 1 m, cohérent mais friable, reposant sans transition (niveau colluvial) sur l'horizon NC 3 brun-verdâtre. Sa composition (cf. tableau I, échantillon NC 4) est franchement celle d'une latérite. La richesse en chrome et en fer, la relative pauvreté en aluminium de ce niveau, confirme son origine ultrabasique. Le nickel, par contre, n'est pas concentré. Cet horizon est cependant fossile : outre l'évidence morphologique (relique de plateau ré-entailé par l'érosion), la grande discontinuité physique et chimique entre l'horizon de beidellite NC 3 et le niveau latéritique NC 4, et la minceur de ce dernier, tous ces faits incitent à penser que la latérite de North Cape ne résulte pas de l'évolution actuelle du niveau saprolitique de beidellite ferrifère.

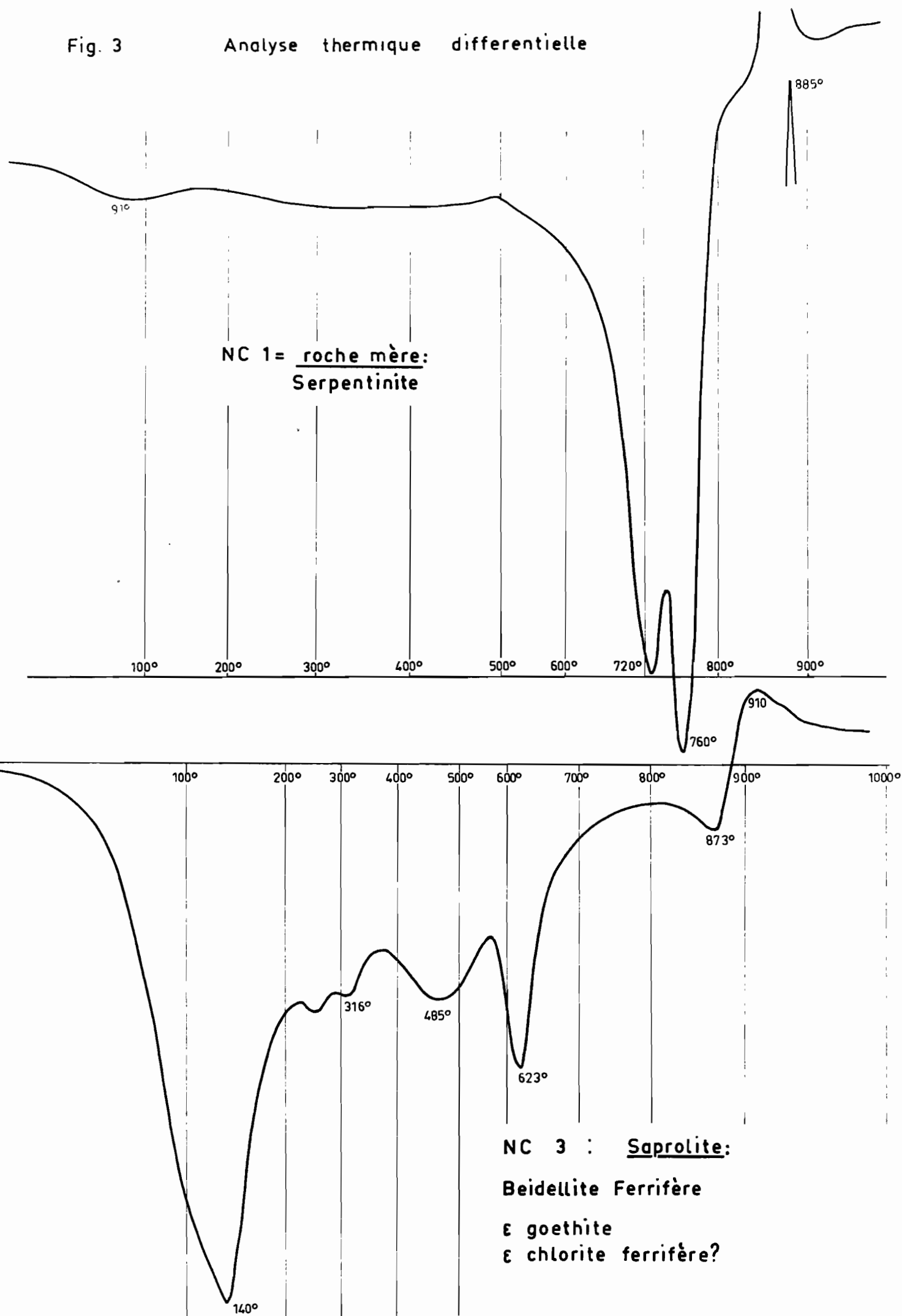
c) Conclusions

L'altération des péridotites de North Cape, même en zone topographique sub-horizontale, ne conduit pas à l'heure actuelle à la formation de latérite. La ferrallitisation a eu lieu à la fin du Tertiaire ou au début du Quaternaire. Elle ne s'est, cependant, pas poursuivie assez longtemps pour que des concentrations nickélifères supergènes apparaissent. De nos jours les péridotites évoluent en argiles gonflantes 2/1 type beidellite ferrifère, associées à un peu de chlorite ferrifère.

Ce type d'altération, en zone bien drainée, se rapproche alors de l'altération subie par les péridotites de Nouvelle-Calédonie en milieu confiné (GONORD et TRESCASES 1970). Il y a donc, avec le décalage climatique, un décalage concomittant des conditions morphologiques (en zone tropicale, les conditions topographiques de North Cape induisent l'altération ferrallitique).

Fig. 3

Analyse thermique différentielle



la nature ferrifère et alumineuse des minéraux supergènes semble indiquer toutefois une dynamique d'altération supérieure à celle d'un climat plus tempéré, où les argiles seraient magnésiennes.

2° - GABBROS

L'étude de l'altération des gabbros a été très sommaire : les faciès ont été observés dans les talwegs que l'érosion a creusé dans le plateau latéritique (Figure 2). La zone gabbroïque appartient en effet à la même unité géomorphologique que la zone ultrabasique, c'est-à-dire la pénéplaine ancienne. La "latérite" de surface est toutefois différente, jaune, plus compacte, et jonchée de débris de roches altérées (faciès pain d'épice) et de débris de roches altérées ferruginisées : le pain d'épice est épigénisé par l'oxyde de fer, ce qui constitue l'un des processus de genèse des cuirasses ferrugineuses (TRESCASES, 1968).

Les analyses chimiques (Tableau III) montrent que l'horizon jaune n'est pas latéritique, mais argileux. L'analyse thermique différentielle permet de préciser la nature kaolinique de cette argile. La cuirasse est par contre latéritique, mais surtout ferrugineuse et non gibbsitique comme les cuirasses sur gabbros de Nouvelle-Calédonie : l'épigénie des cortex d'altération pain d'épice n'intervient que pour le fer.

L'altération actuelle des gabbros n'est pas latéritique. Le niveau pédologique sur gabbro constituant la pénéplaine n'est pas non plus ferrallitique. On peut en conclure que les roches basiques n'ont vraisemblablement jamais subi d'altération latéritique généralisée ; celle-ci s'est limitée à quelques boulders, noyés dans le profil d'altération, sur lesquels l'augmentation brutale de drainage a provoqué l'intensification du lessivage, permettant le blocage des hydroxydes de fer, c'est-à-dire une forme discrète de cuirassement.

../..

II - LES APPAREILS ULTRAMAFIQUES DE L'ILE SUD DE LA NOUVELLE-ZELANDE

L'appareil ultramafique de North Cape est, comme ceux de Nouvelle-Calédonie, mis en place tardivement par rapport à une phase orogénique majeure. En Nouvelle-Zélande il s'agit de la phase Cimmérienne produite au Crétacé moyen.

Les appareils ultramafiques de l'île Sud se sont mis en place au Permien donc antérieurement à cette orogénèse et l'on admet qu'ils sont contemporains d'un volcanisme basique géosynclinal. Pour de nombreuses raisons et notamment le caractère original de leur position dans le bâti géologique ils offrent un intérêt plus grand que l'appareil de North Cape. Ils ont fait l'objet de nombreuses études, principalement durant les dix dernières années, de la part des géologues de l'Université de Wellington, (CHALLIS - LAUDER).

A - PETROLOGIE

Ces appareils, généralement de petite taille (quelques Km²) sont compris dans une série spilitique, elle-même incluse dans une épaisse formation de grauwackes dont l'âge est compris entre le Carbonifère et le Trias. Cet ensemble est plissé ; dans la région de Nelson la structure se réduit à un synclinal à axe NE/SW (fig. 4 et 5). La série spilitique et les corps ultramafiques qui l'accompagnent sont ployés en cuvette et apparaissent sur les deux flancs de synclinal les appareils ultramafiques matérialisent donc deux alignements parallèles orientés NE/SW.

Du fait du jeu de la grande faille alpine (Fig. 5) cette double guirlande de corps ultramafiques se retrouve 450 km plus au Sud, c'est-à-dire à l'extrémité méridionale de l'île, avec une direction N/S qui s'infléchit progressivement vers le SW/NE.

Nous avons visité les deux appareils les plus facilement accessibles : Dun Mountain et Red Hill, tous deux situés à l'extrémité septentrionale de l'île (Fig. 4).

1° - DUN MOUNTAIN (photo n° 7)

Depuis la découverte de Dun Mountain par Von Hochstetter en 1864 cet appareil est un exemple désormais classique. Il s'agit d'un corps circulaire, de 4 km² de superficie, et constitué en majeure partie de dunites. Il est situé à 8 km au Sud de Nelson, dans le bassin de la rivière Maifāi.

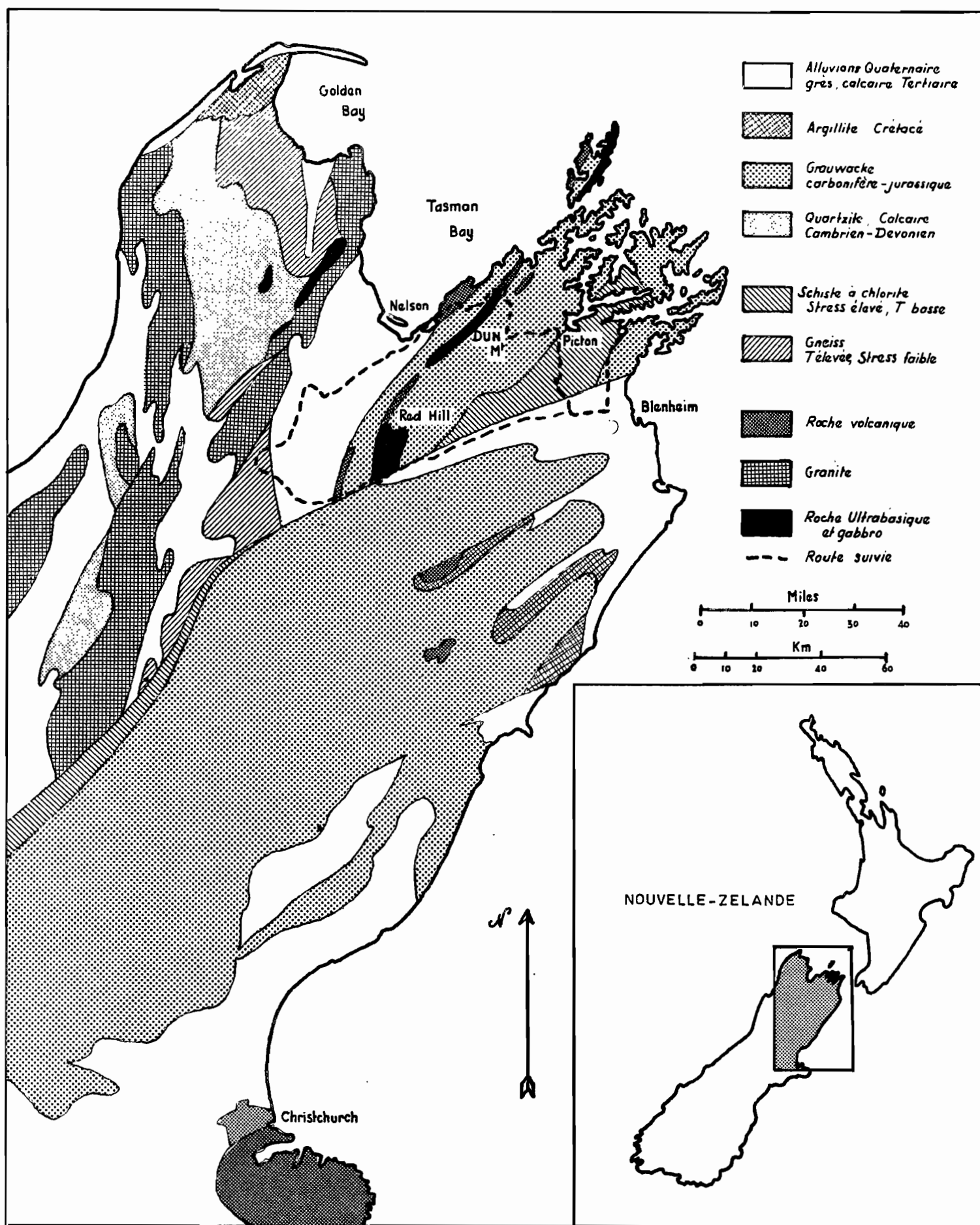


Figure 4

Dun Mountain et Red Hill Carte de Situation



FIG.5 LES APPAREILS ULTRAMAFIQUES
ET LES SPILITES PERMIENS DE L'ILE SUD
DE LA NOUVELLE ZELANDE (d'après G.A.CHALLIS 1969)

- Appareils ultramafiques
- ◻ Spilites
- ↪ Axe synclinal

0 100 MILES

Relations avec les terrains encaissants. Dun Mountain ainsi que Red Hill apparaissent dans la partie médiane d'une bande de spilites. Celles-ci affleurent de façon assez continue, sur 100 km de distance, sur le flanc oriental de synclinal de Nelson (voir plus haut). Ces spilites, accompagnées de lentilles de minerai de manganèse, s'interposent dans une série volcano-sédimentaire d'âge permien, formée de grauwackes, de calcaires et d'argilites (MAITAI GROUP). En remontant la rivière Maïtai on observe notamment les grauwackes et des marbres. Puis l'on passe vers le SE aux spilites par l'intermédiaire d'argilites et de tufs basiques. La mise en place des roches ultramafiques a provoqué le métamorphisme des terrains encaissants ; les marbres, en particulier, renferment des passées de cornéennes à diopside et hydrogrossulaire. Par contre il ne semble pas que cette mise en place ait provoqué un réajustement structural. Le contact entre les spilites et les roches ultramafiques est mal exposé et ne peut permettre de préciser les relations existant entre ces roches. Près du contact les péridotites sont, en effet mylonitisées ; une bande continue de serpentines ceinture les dunités.

Les roches ultramafiques : L'appareil de Dun Mountain est formé, en plus grande part de dunités. A la périphérie les dunités renferment une faible proportion d'orthopyroxène. Au centre de l'appareil elles en sont presque totalement dépourvues. Mais alors qu'à la périphérie le degré de différenciation est pratiquement nul au centre apparaissent des anneaux grossièrement concentriques de harzburgites et pyroxénites pegmatitiques à ortho et clinopyroxène (Websterites) en alternance avec les dunités. Ces anneaux sont discontinus et plongeant vers le centre de l'appareil sous un angle qui varie entre 70 et 90°.

L'appareil de Dun Mountain est riche en chromite : le spinelle chromifère forme des lits, de quelques centimètres de puissance, parallèles entre eux mais discordants sur les dykes annulaires de pyroxénites mentionnés ci-dessus : ils plongent vers le centre de l'appareil sous un angle de 25 à 30° (photos n° 5 et 6). Il s'agit là très vraisemblablement d'un litage primaire ; en effet les cristaux de péridot sont allongés (selon la face 010) parallèlement à ces lits chromifères. Les dykes de pyroxénites recoupant ce litage se seraient formés selon G.A. CHALLIS (1965) par métasomatose d'inclusions énallogènes.

Il existe dans l'auréole serpentineuse de l'appareil des enclaves allongées de rodingites. Les rodingites qui tirent leur nom de la rivière Roding située à l'Est de Dun Mountain, sont des gabbros grossièrement grenus à hornblende, augite et hydrogrossulaire. Ces roches, riches en calcium (CaO = 30%), résulteraient de la transformation d'enclaves des terrains

encaissants (spilites et calcaires), emballés dans les serpentines. Dans celles-ci il existe des inclusions métalliques et notamment de l'awaruite, du cuivre natif et des sulfures de nickel et de cuivre.

En conclusion nous pouvons noter plusieurs caractères remarquables :

- l'association des roches ultramafiques et des spilites, c'est-à-dire de manifestations volcaniques anté-orogéniques.
- l'existence dans les terrains encaissants de néogénèses minérales (diopside, grossulaire). La mise en place des péridotites a donc provoqué le métamorphisme des roches encaissantes.
- la structure lopolitique de l'appareil
- le faible degré de différenciation. Toutefois il semble bien que de la périphérie vers le centre de l'appareil s'amorce une évolution : les dunites à orthopyroxène sont relayées par des dunites franches à lits centimétriques de chromite. Au centre de l'appareil, c'est-à-dire à la partie supérieure de l'ensemble ultramafique, les dunites renferment une très faible proportion de plagioclase.
- l'abondance de minéraux cuivreux.

Les géologues néo-zélandais considèrent Dun Mountain comme un noyau péridotitique formé par différenciation à partir du magma spilitique.

2° - RED HILL (photo n° 8)

L'appareil de Red Hill est situé à environ 40 km au Sud de Dun Mountain. Il est allongé selon un axe NE/SO et sa superficie est d'environ 80 Km². Comme Dun Mountain il se trouve sur le flanc oriental du synclinal de Nelson et présente avec les terrains environnants des relations identiques à celles observées à Dun Mountain.

Relations avec les terrains encaissants

Cet ensemble ultrabasique est associé à des spilites interstratifiées dans une série de grauweekes d'âge Carbonifère à Permien. Les spilites sont métamorphisées et transformées en amphibolites feldspathiques ; les spilites sont séparées des roches ultramafiques par trois auréoles concentriques :

- Zone externe : hornblendites feldspathiques
- Zone intermédiaire : amphibolites à actinolite et pargasite.
- Zone interne : amphibolites à hornblende, orthopyroxène, et hydrogrossulaire ; cornéennes à ortho et clinopyroxène.

Le contact des roches ultramafiques et des cornéennes a été faillé, les serpentines qui, comme à Dun Mountain, auréolent les péridotites sont cependant, ici, d'extension très limitée.

Les roches ultramafiques : Red Hill est constitué de harzburgites (cf Tableau VI) et dans l'ensemble de l'appareil la proportion d'orthopyroxène est beaucoup plus forte qu'à Dun Mountain. Ces harzburgites sont rubanées : le rubanement s'exprime par des lits d'enstatites de quelques centimètres d'épaisseur et par de minces niveaux chromifères ; les cristaux de péridot sont allongés (selon 010) dans le plan du rubanement. Le litage épouse les contours de l'appareil mais contrairement à Dun Mountain il plonge vers l'extérieur sous un angle de 40°. Comme à Dun Mountain il existe des dykes annulaires de websterites et de gabbros riches en calcium recoupant le litage primaire. Ces roches proviendraient selon G.A CHALLIS (1965) de la métasomatose d'enclaves des terrains encaissants. Tous les caractères généraux de l'appareil de Dun Mountain se vérifient donc à Red Hill. On note cependant trois différences :

- le métamorphisme des terrains encaissants est beaucoup plus net qu'à Dun Mountain
- le rubanement plonge vers la périphérie de l'appareil (forme de lopolite inversé)
- dans l'ensemble de l'appareil la proportion d'orthopyroxène est plus forte qu'à Dun Mountain. Il existe **également une faible** proportion de plagioclase en équilibre avec l'olivine et l'enstatite. Elle est, semble-t-il légèrement plus forte qu'à Dun Mountain.

Dans les appareils ultramafiques de l'extrémité méridionale de l'île (Mosburn, Red Mountain) les proportions d'orthopyroxène et de plagioclase sont beaucoup plus importantes qu'à Dun Mountain et Red Hill ; en outre le clinopyroxène est présent. Dans ces appareils les péridotites sont relayées verticalement par des troctolites, elles-mêmes passant progressivement à des gabbros noritiques. Cette évolution se traduit également par un enrichissement en fer des minéraux ferro-magnésiens, notamment du péridot. Selon W.R LAUDER les appareils ultramafiques de l'île Sud seraient des intrusions stratifiées devenant de plus en plus basiques vers le Nord. Une telle hypothèse s'accorde cependant difficilement avec les faits et ne tient pas compte de l'étroite association des ultramafites et des spilites. G.A. CHALLIS qui s'est livré à des études pétrologiques fines a démontré le consanguinité de ces deux termes. Cet auteur (cf en particulier G.A. CHALLIS 1969) estime, en particulier en se basant sur les teneurs équivalentes en alumine (de l'ordre de 3%) du clinopyroxène contenu dans ces roches, que les péridotites et les spilites dériveraient d'un même magma dont la composition serait

../..

proche d'un basalte tholeiitique. Bien que les appareils de l'île Sud de la Nouvelle-Zélande soient assez différents du modèle ophiolitique, la conception des chercheurs néo-zélandais est proche de celle des auteurs français. On constate par là-même l'originalité de l'école néo-zélandaise.

B - ALTERATION

Les massifs péridotitiques de Dun Mountain et Red Hill, se situent par 41°5 de latitude Sud, à plus de mille mètres d'altitude. Le climat tempéré océanique de la région est donc nettement rafraîchi par l'altitude (la limite des neiges éternelles est à 2.200 - 2.500 mètres, contre 3.000 mètres dans les Pyrénées, sensiblement à la même latitude).

Red Hill forme un plateau en pente douce vers le Sud (photo n° 8) Dun Mountain un petit plateau dominé par un sommet très arrondi, où seuls quelques chicots rocheux lapiazés affleurent (photo n° 7).

L'altération est, spatialement, beaucoup plus limitée qu'à North Cape, et la zone altérée avec structure conservée se limite en fait au cortex jaune-orangé des blocs jonchant la surface, ou inclus dans le sol remanié.

1° - DUN MOUNTAIN

a) phase résiduelle : la dunite saine (exceptionnellement saine même, la perte au feu insignifiante montrant l'absence totale de serpentinitisation) affleure partout. Sa composition chimique (moyenne de 5 analyses) est donnée dans le tableau IV.

Au pied de la butte sommitale (photo n° 7) les blocs parsemant la surface (diamètre de quelques centimètres à quelques décimètres) présentent un cortex d'altération, de faciès pain d'épice, jaune mince (5 mm), poreux et friable. Sa composition chimique (tableau IV, cortex 1) est pratiquement identique à celle de la roche saine. Le raisonnement isovolumétrique (tableau V) montre qu'en fait 22 % de la silice et de la magnésie présentes dans la roche initiale sont éliminées, les autres éléments, à l'exception du nickel dont la moitié environ est lessivé, sont constants. Silice et magnésie étant entraînés dans les mêmes proportions, la composition minéralogique du cortex (reliquat de l'altération) est peu différente de celle de la roche, seul le fer s'exprimant sous forme d'oxyde ferrique (iddingsite) dans les craquelures de l'olivine.

Un peu plus en aval sur le plateau, toujours en contrebas du sommet rocheux, le cortex d'altération est un peu plus épais (8 à 10 mm), et brun-rouge. Sa composition chimique est toujours proche de celle de la roche (cortex 2 - Tableau IV), et le raisonnement isovolumétrique montre que le cortex 2 est à peu près identique au cortex 1 (à l'épaisseur près). La perte

TABLEAU IV

Dun Mountain - Analyse du profil d'altération des dunités

| | PF | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ total | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Cr ₂ O ₃ | MnO ₂ | NiO | CoO | Σ |
|-----------------------|------|------------------|---|--------------------------------|------|-------|--------------------------------|------------------|------|-------|--------|
| Sol (remanié) | 6,50 | 30,77 | 24,18 | 3,37 | 0,95 | 30,40 | 3,96 | 0,42 | 0,30 | 0,02 | 100,87 |
| Cortex Ferruginisé | 1,69 | 39,09 | 16,78 | 0,75 | 0,50 | 40,12 | 0,65 | 0,53 | Tr | 0,03 | 100,14 |
| Cortex 2 | 0,60 | 38,8 | 12,83 | 0,56 | 0 | 44,5 | 0,45 | 0,17 | 0,34 | Tr | 98,25 |
| Cortex 1 | 0,60 | 40,0 | 10,97 | 0,62 | 0 | 46,5 | 0,88 | 0,18 | 0,14 | Tr | 99,89 |
| Roche saine | 0,50 | 40,4 | 9,99 | 0,50 | Tr | 46,7 | 0,75 | 0,14 | 0,25 | 0,001 | 99,23 |

TABLEAU V

Dun Mountain - Bilan géochimique de l'altération des dunités
(en % de l'élément présent dans la roche)

| | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | MgO | Cr ₂ O ₃ | MnO ₂ | NiO |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|------------------|-------|
| Sol * | - 66,5 | 0 | + 200 | - 71,4 | + 133 | + 30 | - 50 |
| Cortex ferruginisé | - 57,4 | 0 | 0 | - 62,2 | - 61 | + 60 | - 100 |
| Cortex 2 | - 22,3 | 0 | 0 | - 22,9 | - 50 | 0 | - 0 |
| Cortex 1 | - 22,7 | 0 | 0 | - 22,0 | 0 | 0 | - 50 |
| Roche | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) |

* On a estimé pour le calcul que le sol dérivait du cortex ferruginisé par fractionnement mécanique, sans variation de la densité apparente des fragments, ce qui est faux en toute rigueur.

* * Densités apparentes : Roche : 3,2 - Cortex 1 : 2,5 - Cortex 2 : 2,6 -
Cortex Fe : 1,4.

../..

au feu très faible de ces cortex montre aussi l'absence de serpentinitisation météorique.

Dans la même zone quelques boulders présentent un cortex plus épais (10 à 15 mm), brun-rouge sombre, à aspect ferruginisé. Si l'analyse chimique globale (Tableau IV) apporte peu d'enseignements sur l'évolution de ces cortex, le bilan isovolumétrique (Tableau V) révèle que l'altération y est beaucoup plus poussée (57% de la silice et 62% de la magnésie sont lessivées) et que la serpentinitisation est amorcée. La petite perte de chromite décelée dans ces cortex n'est peut-être due qu'à la répartition très hétérogène de ce minéral dans la roche. Le nickel semble totalement lessivé de ce faciès ferruginisé (la ferruginisation n'est d'ailleurs que relative, aucun apport absolu en fer n'apparaissant).

Enfin, le sol est rouge, fin, peu épais (0 à 50 cm) et pourrait dériver de la désagrégation mécanique (après intensification de l'altération) des cortex "ferruginisés". Le raisonnement isovolumétrique n'est plus applicable en toute rigueur. En considérant que ce sol résulte du seul fractionnement du cortex ferrugineux on a une approche par défaut du bilan géochimique de l'altération : On constate alors que le fer est constant dans toute la séquence d'altération, mais que l'aluminium et le chrome sont concentrés (l'aluminium est localisé dans le chromite, concentrée par remaniements mécaniques). Le manganèse est un peu accumulé, le nickel partiellement éliminé, alors que la serpentinitisation météorique s'accroît, 66% de la silice et 71 % de la magnésie étant lessivées (les chiffres réels étant certainement supérieurs).

b) phase migratrice

Une source située sur le petit plateau, juste en dessous du sommet a été échantillonnée. L'analyse a donné les résultats suivants :

pH 7,40

résistivité 12.000 Ω -cm à 21° C

| | | | | |
|--------------------|--------|------------------|-------|------|
| CO_3^{--} | 0 mg/l | Mg^{++} | 11,01 | mg/l |
| HCO_3^- | 67,10 | Ca^{++} | 0 | |
| Cl^- | 1,42 | Na^+ | 1,33 | |
| SO_4^{--} | 0 | K^+ | 0,21 | |
| | | SiO_2 | 15,00 | mg/l |

soit un rapport moléculaire SiO_2/MgO dans l'eau = 0,55

Or le rapport moléculaire dans la roche SiO_2/MgO = 0,58

../..

L'élimination de magnésie est donc prépondérante, l'altération provoque bien la formation de phyllites à rapport SiO_2/MgO plus élevé que dans la roche-mère (TRESCASES, 1969 b).

2° - RED - HILL

La roche-mère, harzburgitique, s'altère de la même manière que la dunite de Dun Mountain, avec développement d'un cortex centimétrique jaune, poreux, friable à aspect parfois ferruginisé.

Les variations chimiques sont faibles, ici encore, entre la roche et le cortex, la serpentinisation météorique étant très lente (tableau VI) :

| | PF | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | MgO | Cr ₂ O ₃ | MnO ₂ | NiO | Σ |
|--------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|------------------|------|-------|
| cortex | 1,00 | 44,29 | 9,84 | 0,18 | 42,50 | 0,11 | 0,33 | 0,22 | 98,47 |
| roche | 0,44 | 44,88 | 8,51 | 0,45 | 44,92 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 99,56 |

Une source échantillonnée sur le plateau a également été analysée :

pH 7,20

résistivité 8.300 Ω-cm à 21° C

| | | | |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------|
| CO ₃ ⁻ | 0 mg/l | Mg ⁺⁺ | 17,66 mg/l |
| HCO ₃ ⁻ | 136,64 | Ca ⁺⁺ | 0 |
| Cl ⁻ | 7,10 | Na ⁺ | 1,54 |
| SO ₄ ⁻ | traces | K ⁺ | 0,36 |
| | SiO ₂ | 15,80 mg/l | |

Soit un rapport moléculaire SiO_2/MgO dans l'eau = 0,36

Le rapport moléculaire dans la roche étant $\text{SiO}_2/\text{MgO} = 0,67$

l'élimination de magnésie est prépondérante, ici plus encore qu'à Dun Mountain. L'altération est de type serpentineux.

3° - CONCLUSIONS GENERALES SUR L'ALTERATION CLIMATIQUE :

Cette tournée nous a donc permis de comparer l'altération des roches ultrabasiques sous les climats tempérés chauds (North Cape) ou tempérés froids d'altitude (île Sud), à l'évolution météorique des péridotites en zone tropicale, étudiée en Nouvelle-Calédonie (et rapidement aux Nouvelles-Hébrides).

../..

Nous disposons là d'une séquence climatique allongée NNW-SSE aux latitudes 15°S - 22°S - 34°S - 42°S.

On peut résumer sur un tableau les principaux faciès d'altération observés en fonction des conditions pétrographiques, morphologiques et climatiques (tableau VII). On note une corrélation très nette entre l'altération, la variation du climat, et la variation de la géomorphologie :

Ainsi on retrouve à North Cape sur péridotites, en zone de plateau bien drainée, le faciès d'altération en smectites ferrifères, des roches ultrabasiques dans les zones confinées ou les piedmonts mal drainés de Nouvelle-Calédonie.

Le décalage est rigoureusement symétrique pour les roches basiques, qui s'altèrent en montmorillonite à North Cape, en zone de plateau, comme les gabbros de Nouvelle-Calédonie dans les bas fonds mal drainés.

Enfin l'analogie qualitative est frappante entre les types d'altération des péridotites à Dun Mountain (Climat Tempéré Froid) et des gabbros de Nouvelle-Calédonie (l'échelle des phénomènes restant bien différente) : l'altération des roches ultrabasiques en climat tempéré froid est trop lente pour qu'une saprolitisation totale se produise ; l'altération est centripète et n'intéresse qu'un mince cortex, qui peut prendre un aspect ferruginisé.

PAR CONSEQUENT UNE VARIATION CLIMATIQUE VERS DES CONDITIONS PLUS FROIDES AMENE UN DECALAGE DE FACIES D'ALTERATION DONNES VERS DE MEILLEURES CONDITIONS DE DRAINAGE OU VERS DES ROCHES-MERFS ULTRABASIQUES, PLUS ALTERABLES.

.. / ..

TABEAU V

Principaux faciès d'altération des roches basiques et ultrabasiques

| GEOMORPHOLOGIE | | CLIMAT | | |
|---------------------------------------|--|---|--|-------------------------------------|
| Roche | Drainage (Pentes faibles) | Tropical Insulaire (Nouvelle-Calédonie - 22°S) | Tempéré chaud (North Cape - 32°S) | Tempéré Froid (Dun Mountain - 42°S) |
| <u>Basique</u> (Gabbro Diorite) | <u>Mauvais</u> (Piedmont zone con- finée) | <ul style="list-style-type: none"> - partiellement saprolitisée - sur 3 à 4 m d'épaisseur - en Montmorillonite (2/1) - Boulders, altération centripète - Ferruginisation des cortex | ? | ? |
| | <u>Bon</u> (plateau) | <ul style="list-style-type: none"> - partiellement saprolitisée - sur 10 à 15 m d'épaisseur - en Kaolinite (1/1) - Boulders, altération centripète - Ferruginisation-gibbsitisation des cortex | <ul style="list-style-type: none"> - partiellement saprolitisée - sur 3 à 4 m d'épaisseur - en Montmorillonite (2/1) - Boulders, altération centripète - Ferruginisation des cortex | |
| <u>Ultrabasique</u> | <u>Mauvais</u> (Piedmont zone con- finée) | <ul style="list-style-type: none"> - Totalelement saprolitisée - sur 10 m d'épaisseur - en Beidellite ferrifère et Nontronite (2/1) | ? | ? |
| | <u>Bon</u> (plateau) | <ul style="list-style-type: none"> - Totalelement saprolitisée - sur 20 à 30 m d'épaisseur - en Goethite et Gels ferriques | <ul style="list-style-type: none"> - Totalelement saprolitisée - sur 1 m d'épaisseur - en Beidellite ferrifère (2/1) | |

III) CONTACTS PROFESSIONNELS

Notre mission a été mise à profit pour visiter les laboratoires et instituts de recherche néo-zélandais et australiens.

En Nouvelle-Zélande une journée a été consacré à des échanges de vues avec les géologues de l'Université d'Auckland, en particulier avec les Professeurs LILLIE, BROTHERS, et avec K. RODGERS et P. BLACK. Ceux-ci ont travaillé par le passé en Nouvelle-Calédonie et de ce fait étaient intéressés par les résultats de nos propres recherches qui permettent de constater l'étroite analogie existant entre le bâti structural néo-calédonien et celui de l'extrémité septentrionale de la Nouvelle-Zélande. Les relations existant entre l'arc mélanésien d'une part, l'Australie et la Nouvelle-Zélande d'autre part, constituent en effet une des préoccupations majeures des géologues travaillant dans le Sud-Ouest Pacifique : une session du neuvième congrès pacifique des Sciences (CANBERRA 1971) sera d'ailleurs spécialement consacrée à ce sujet.

A Wellington nous avons pris contact avec le Professeur LAUDER et le Docteur CHALLIS, spécialistes des appareils ultramafiques de Nouvelle-Zélande et ayant consacré à ce problème de nombreuses publications. Le Professeur LAUDER qui dirige le laboratoire de Géologie de l'Université Victoria nous a fait rencontrer plusieurs membres de son équipe de recherche dont R.H GRAPES et H. VUCEVITCH ; nous avons pu ainsi prendre connaissance de données extrêmement récentes concernant la composition et la structure des appareils de l'île Sud et de leur type d'altération. Le docteur CHALLIS a conduit à notre intention une visite du service "Pétrologie" du Geological Survey de Wellington, spécialisé dans l'étude des roches ultramafiques. Nous nous sommes familiarisés à cette occasion avec des techniques modernes de séparations et d'analyses. Les échanges de vues que nous avons eus avec ces chercheurs furent pour nous d'un très grand intérêt.

En Australie nous nous sommes rendus en premier lieu à Canberra pour visiter le département des Sciences de la Terre de "l'Australian National University". Celui-ci comporte une section enseignement dirigée par le Professeur BROWN et un institut de recherche (Research School of Physics) qui jouit d'un prestige international. Cet institut de recherche a été créé il y a quelques années sur le modèle des grands laboratoires américains avec lesquels il collabore d'ailleurs étroitement. Il est

../..

spécialisé dans l'étude des grands problèmes pétrologiques (équilibres minéralogiques, conditions thermodynamiques de la pétrogénèse...) et comporte de nombreux services techniques : géochronologie, mesures isotopiques, géochimie, pétrologie expérimentale etc ; les chercheurs travaillent dans cet institut sous la conduite de A.E. RINGWOOD et de D.H. GREEN et utilisent des techniques très modernes. Nous avons pu, dans le temps qui nous était imparti, prendre connaissance des domaines d'application des différentes méthodes et des résultats les plus spectaculaires obtenus. Nous avons eu de nombreuses discussions au "Bureau of Mineral Resources" de Canberra avec les géologues étudiant les appareils ultramafiques de Nouvelle Guinée et au C.S.I.R.O avec les pédologues australiens.

Notre séjour en Australie s'est achevé avec la visite de l'Université de Nouvelles Galles du Sud où nous avons rencontré le Professeur LAWRENCE et F.C. LOUGHNAN, chercheur spécialisé dans l'étude des modifications chimiques des silicates au cours de l'altération météorique.

REMERCIEMENTS En fin de ce rapport nous désirons exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide dans le cadre de cette mission, en particulier au Professeur JILLIE, au Professeur LAUDER et au Docteur CHALLIS grâce auxquels nos visites sur le terrain ont été facilitées et rendues de ce fait plus fructueuses.

BIBLIOGRAPHIE

- BARTHRUM, J.A. - TURNER, F.J. - 1928 -
Pillow-Lavas, peridotites and associated rocks of Northernmost
New-Zealand
Transact. of the N.Z. institute
Vol 59 - pp. 98 - 138
- BELL, J.M. - CLARKE, E.C. - MARSHALL, P. - 1911 -
The Geology of Dun Mountain
N.Z. Geol. Survey - Bull n° 12 Wellington
- CHALLIS, G.A. - 1965 -
The origin of New-Zealand ultramafic intrusions
Jour. of Petrol. 6 - pp. 322 - 364
- CHALLIS, G.A. - LAUDER, W.R - 1965 -
Nelson ultramafics. (in New-Zealand volcanology. South Island)
New Zealand geol. Surv. Handbook
Thompson et Kermode ed.
Inform. Ser. 51 N.Z DSIR pp. 68-86
- G.A. CHALLIS W.R. LAUDER - 1966 -
The Genetic Position of "Alpine" Type Ultramafic Rocks
Bulletin Volcanologique tome XXIX, 1966, p. 283-306
- CHALLIS G.A. - 1969 -
Discussion on the paper "the origin of ultramafic and ultrabasic
rocks" by P.J. WYLLIE
Tectonophysics, 7 (5-6) (1969) 495-505
- GONORD, H. et TRESCASES, J.J. - 1970 -
Observations nouvelles sur la formation post-miocène de Mueo
(Côte ouest de la Nouvelle-Calédonie) - Conséquences paléogéo-
graphiques et structurales.
C.R. Ac. Sc. Paris - t 270 - ser. D. pp. 584-587
- GUILLON, J.H. - 1969 -
Données nouvelles sur la composition et la structure du Grand
Massif Péridotitique du Sud de la Nouvelle-Calédonie
Cah. ORSTOM - ser. géol. 1969 - Vol I n° 1 pp. 7-25

LAUDER W.R. - 1965 -

The Geology of Dun Mountain, Nelson, New-Zealand
Part 1 - The petrology and structure of the sedimentary and
volcanic rocks of the te anau and maitai groups.
New-Zealand journal of Geology and Geophysics
Vol 8, n° 1, February 1965

LAUDER W.R. - 1965 -

Part 2 - The petrology, structure, and origin of the ultrabasic
rocks.
New-Zealand journal of Geology and Geophysics
Vol 8, n° 3, 1965

LEITH, E.C. - 1966 -

The geology of the North Cape Area
A thesis of the University of Auckland

TRAUTH, N. et LUCAS, J. - 1967-

Apport des méthodes thermiques dans l'étude des minéraux argileux.
Bulletin du Groupe Français des Argiles
Tome XIX - fasc. 2 - p. 11-24

TRESCASES, J.J. - 1968 -

Le cuirassement des sols - Etude bibliographique.
Rapport ORSTOM - multigraph. 23 p.

TRESCASES, J.J. - 1969 A -

Premières observations sur l'altération des péridotites de
Nouvelle-Calédonie. Pédologie - Géochimie - Géomorphologie
Cah. ORSTOM - ser. Géol. 1969
Vol I n° 1 - pp- 27 - 57

TRESCASES, J.J. - 1969 B -

Géochimie des eaux de surface et altérations dans le massif
ultrabasique du sud de la Nouvelle-Calédonie.
Bull - Serv - Carte Géol. d'Alsace-Lorraine
Tome 22 - fasc - 3

WALCOTT - 1968 -

Geology of the Red Hill complex, Nelson, New-Zealand
Trans. R. Soc. N.Z., Earth Sciences, vol. 7, n° 5 pp. 57-88,
3 figs., 5 pls.

LEGENDE DES CLICHES

- Photo n° 1 - North Cape. Extrémité orientale du massif : gabbros avec litage régulier plongeant sous un angle de 30° vers la partie gauche du cliché.
- Photo n° 2 - North Cape. Litage dans les gabbros : alternance de lits anorthositiques (lits clairs) et webstéritiques.
- Photo n° 3 - North Cape. Diorites pegmatitiques à hornblende envahissant les harzburgites (roches sombres).
- Photo n° 4 - North Cape - Brèche serpentineuse cimentée par la diorite quart-
zique (roche claire).
- Photo n° 5 - Dun Mountain (sommet). Le litage primaire est matérialisé par l'alternance de niveaux dunitiques et de lits chromifères centimétriques ; il plonge ici sous un angle de $15 - 20^\circ$ vers la partie gauche du cliché.
- Photo n° 6 - Dun Mountain (sommet). Détail du cliché précédent. Le litage primaire est recoupé par des dykes, à disposition sub-verticale, de Webstérites.
- Photo n° 7 - Dun Mountain. Panorama du sommet. Plateau parsemé de grands blocs lapiazés de péridotites.
- Photo n° 8 - Red Hill. Panorama. Les roches ultramafiques (zone claire à droite du cliché) sont en contact avec des spilites et grauwackes permianes (partie gauche du cliché). Le massif de péridotites a une morphologie tabulaire.

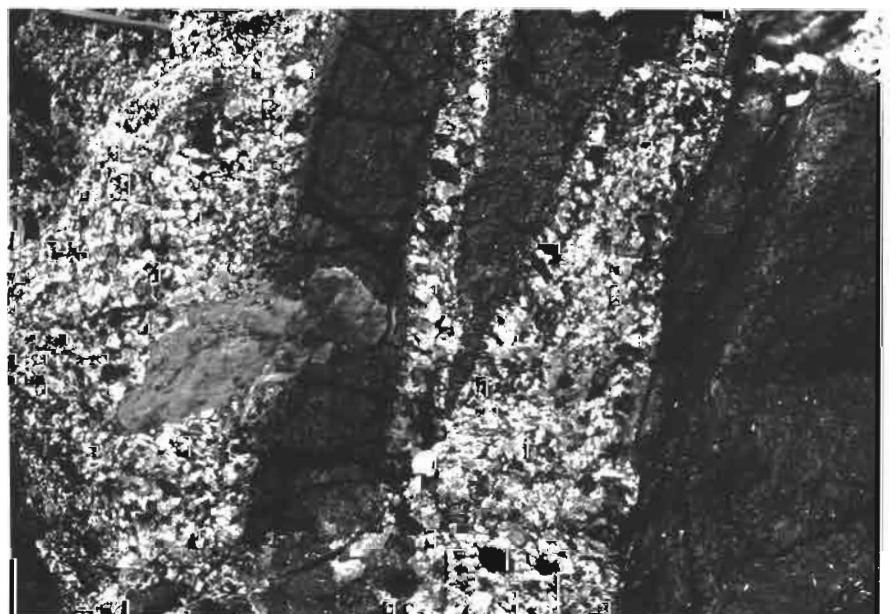
- 1 -



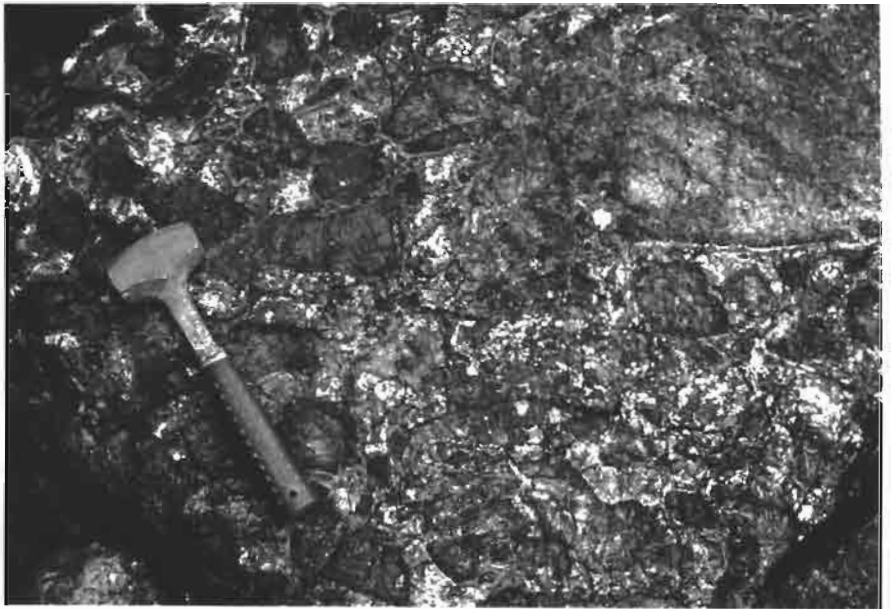
- 2 -



- 3 -



- 4 -



- 5 -



- 6 -



-7-



-8-

